

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра региональной геологии и полезных ископаемых

В.Г. ИЗОТОВ

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РУД.
ЧАСТЬ 1. ПОЛИРОВАННЫЕ ШЛИФЫ РУД.
МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

Методическое пособие

Казань – 2015

УДК 553.085/553.086

*Принято на заседании
кафедры региональной геологии и полезных ископаемых
Протокол №6 от 10 июня 2015 года*

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры минералогии и литологии ИГиНГТ КФУ **В.П. Морозов;**
доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры минералогии и литологии ИГиНГТ КФУ **А.И. Бахтин**

Изотов В.Г.

**Методы исследования руд. Часть 1. Полированные шлифы руд.
Методы изготовления и оборудование/ В.Г. Изотов. – Казань: Казан.
ун-т, 2015. – 18 с.**

Методическое пособие предназначено для использования в ходе лабораторных занятий студентов специальности «Геология» по курсу «Методы исследования руд».

© Изотов В.Г., 2015

© Казанский университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Материалы и оборудование	6
1.1. Абразивные материалы	6
1.2. Станки и вспомогательные материалы	9
2. Методы шлифовки и полировки	10
2.1. Общие приемы изготовления полированных шлифов	10
2.2. Оборудование шлифовальной мастерской ИГиНГТ	15
Список литературы	18

ВВЕДЕНИЕ

Полированный шлиф представляет собой зеркальную плоскость, получаемую в результате шлифовки и последующей полировки куска руды или брикета из склеенных (сцементированных) кусочков раздробленного рудного материала.

Весь процесс изготовления полированного шлифа разбивается на несколько этапов. Основные из них следующие: 1) обдирка или распиловка образца для получения на нем плоскости, 2) шлифовка полученной плоскости для подготовки шлифа к полировке и 3) полировка.

Перечисленные этапы изготовления шлифа подразделяются на несколько стадий и осуществляются вручную или механически на плоских досках или дисках с помощью абразивных (истирающих) порошков различной крупности и твердости. Крупность абразивного порошка убывает (или, как говорят, дисперсность его возрастает) с переходом от каждого предыдущего этапа обработки шлифа к последующему. Размер частиц наиболее грубых абразивных порошков выражается в десятых долях миллиметра, а частицы наиболее тонких порошков измеряются микронами. Абразивные порошки употребляются не в сухом виде, а с какой-либо жидкостью (чаще всего с водой), играющей роль смазки.

Все стадии шлифовки представляют собой постепенное истирание рудного образца по плоскости, причем с каждой последующей стадией уменьшается шероховатость образца (рис. 1). За все время этого процесса микроскопическим наблюдением можно установить соответствие между размерами частиц абразивного материала и степенью шероховатости шлифа. Этот процесс является своеобразной механической «холодной обработкой» рудного образца. Конечная цель шлифовки — подготовка к полировке, т. е. получение возможно более тонкой шероховатости шлифа.

Результат полировки существенно отличается от результата предшествующего процесса — шероховатость полностью исчезает, и шлиф приобретает зеркальный блеск. Контролируя процесс полировки под

микроскопом, можно убедиться, что зеркальный блеск возникает в результате сглаживания шероховатости шлифа: отдельные углубления и выступы постепенно нивелируются. Зеркальный блеск возникает хотя и постепенно, но без промежуточных градаций шероховатости. В правильно и хорошо отполированном шлифе самым тонким микроскопическим наблюдением не удастся установить шероховатости, несмотря на то, что размер частиц самого тонкого полировального порошка лежит значительно выше предела микроскопического видения. Царапина на мягком минерале, возникшая в последней стадии шлифовки, может быть как бы «залечена» полировкой, но при травлении поверхности полированного шлифа каким-либо растворителем царапина эта снова проявится. Шлифовка, даже самая тонкая, не вызывает появления рельефа в шлифе руды, состоящей из минералов разной твердости, а в результате полировки рельеф этот обязательно образуется.

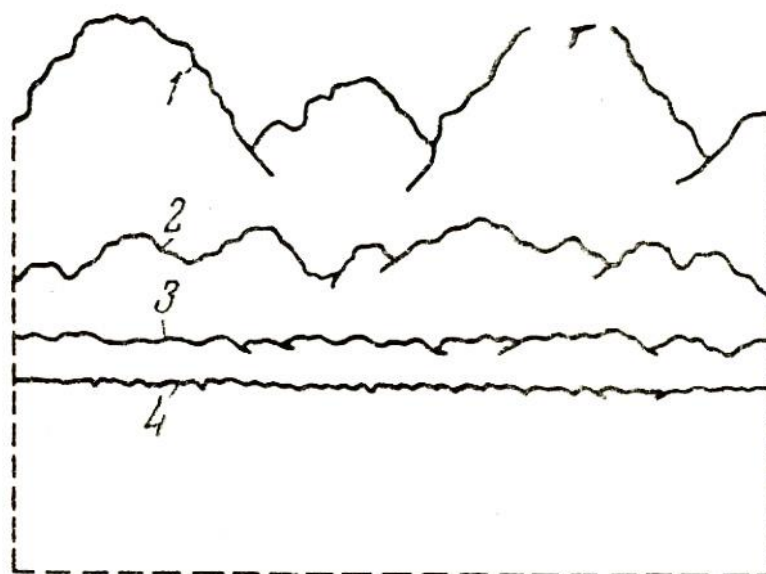


Рис. 1. Схема постепенного сглаживания профиля шлифа в разных стадиях шлифовки (1, 2 и т. д.)

За рубежом в последние годы широкое распространение получил способ изготовления шлифов на автоматических станках. Впервые машинный способ полировки был применен в Харвардском университете Ж.В. Вандервильтом (Vanderwildt, 1929) для изготовления шлифов из руд, содержащих минералы

разной твердости. Полировка подобных образцов на обычных станках с быстровращающимся диском, покрытым бильярдным сукном, вызывает появление рельефа между мягкими и твердыми минералами. Рельеф этот может использоваться в диагностических целях, но слишком резкий рельеф маскирует границы срастания минералов и мешает наблюдению.

Шлифы, изготовленные на автоматических станках, почти не обнаруживают рельефа, почему сам способ получил название «безрельефного шлифования».

Полировка по Вандервильту производится на медленно вращающихся мягких (свинцовых) дисках, снабженных концентрическими неглубокими канавками. Полировальный порошок в виде пасты на масле заполняет канавки диска. Полируемые образцы удерживаются на станке автоматически специальным приспособлением, расположенным эксцентрично относительно диска станка и вращающим образцы (одновременно несколько штук) навстречу вращению диска.

Ниже рассмотрим описание материалов, оборудования и общих приемов изготовления полированных шлифов классическим методом «вручную» и на станках с быстро вращающимися дисками.

1. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1.1. Абразивные материалы

Наиболее часто употребляемыми шлифовальными абразивными материалами являются: карбид кремния (карборунд), электрокорунд и естественный корунд.

В естественном абразивном материале, кроме корунда, обычно в небольшом количестве встречаются некоторые другие минералы; при высоком содержании окислов железа корунд называется наждаком. Большое количество примесей снижает качество абразива.

Абразивы представляют собой тонкие порошки, которые классифицируются по крупности зерна. Классификация эта производится путем взмучивания порошка в воде и последующего его отстаивания.

В соответствии со способом классификации абразивы часто называют минутниками. Обозначение классов абразивов (минутников) раньше было принято выражать по времени осаждения в минутах. Так шестидесятиминутником (обозначение 601) назывался продукт, не осевший в течение 60 мин. в водяном столбе высотой 1 м. В последнее время абразивные порошки классифицируются по крупности составляющих их зерен и обозначаются марками.

В табл. 1 приведены классы порошков абразивов, наиболее часто употребляемых при изготовлении полированных шлифов (по старым и новым стандартам) и указаны предельные размеры их частиц.

Вследствие несовершенства способов классификации размер частиц порошков абразивов колеблется обычно в более широких пределах, чем это указано в табл. 1. Неоднородность размеров частиц сильно снижает качество материала.

Для полировки рудных шлифов применяются некоторые твердые окислы металлов в чрезвычайно тонких порошках, размер частиц которых измеряется долями микрона. Полировальный материал изготавливается не из естественных абразивов (так как требующееся тонкое измельчение их оказалось бы невозможным), а химическим путем. В зависимости от особенностей руды выбирают тот или другой метод полировки и соответствующий полировальный порошок. Из числа последних чаще употребляются окись хрома, окись алюминия и окись железа (крокус). В некоторых случаях рекомендуется применять магнезию и черный магнитный крокус.

Гранулометрическая характеристика абразивов (минутников)

Наименование по старой классификации	По новым стандартам		Размер частиц, мк	Стадии обработки рудного образца
	Наименование	№		
1/2' 3' 5'	Шлиф-порошки	120	125	Для распиловки или обдирки образцов, а также для подготовки и исправления стеклянных плит
		160	75	
		180	52-62	
15' 30'	Микрошлиф-порошки (микронники)	М-28	20-28	Для грубой шлифовки на на вращающемся диске
		М-14	14-20	
60' 120' 240'		М-12 М-10 М-7	10-14 7-10 5-7	

Окись хрома представляет собой порошок зеленого цвета и является наиболее универсальным полировальным материалом. Обычно окись хрома получают путем окисления двуххромовокислого калия или аммония двумя способами.

Окись алюминия является наиболее высококачественным полировальным материалом. Она готовится путем прокаливания в алюмо-аммиачных квасцов в графитном или шамотном тигле в течение одного часа при температуре порядка 1300°. В результате прокаливания квасцов материал в тигле сильно вспучивается, поэтому объем тигля выбирается из расчета увеличения в четыре раза объема загружаемых квасцов. По окончании прокаливания комковатый (рыхлый) материал окиси алюминия протирается через тонкое сито (350 меш).

Окись железа – крокус – является дешевым материалом, но крайне неоднородным по составу и величине зерен, поэтому в последнее время очень редко применяется при изготовлении шлифов для предварительной полировки или специфических целей.

Собственная окраска окиси железа (бурая) и окиси хрома (зеленая), остающихся в трещинах и пустотах шлифа вследствие недостаточно тщательной промывки его, иногда мешает наблюдению, давая ошибочные представления о внутренних рефlekсах этих участков шлифа.

1.2. Станки и вспомогательные материалы

Распиловочный станок. Для распиловки рудных образцов применяется специальный станок с вертикально вращающейся алмазной дисковой пилой и суппортом, прижимающим образец к диску. Вертикальное направление распиловки образца устанавливается путем соответствующей регулировки головки суппорта. Распиловочные диски снабжены ободками из твердосплавной матрицы, импрегнированной алмазной крошкой. Диаметр дисков 50—100—200—300—400 мм. При распиловке образцов для шлифов обычно берутся диски 200 мм, зерно А-32. Вес алмазной крошки составляет в них 4,4 карата.

Шлифовальный станок представляет собой неподвижную чашку, внутри которой (на вертикальной оси, проходящей в дне чашки) вращается плоский металлический диск, приводимый в движение от электромотора или от ручного привода. Для изменения скорости вращения диска ось его и электромотор снабжаются двойными шкивами, рассчитанными на скорости вращения диска приблизительно в 400 и 600 об/мин.

Для производственных условий изготавливаются более мощные и тяжелые стационарные станки, для лабораторных условий — легкие настольные станки.

Стеклянные плиты для доводки. Тонкая шлифовка (абразивами от класса М-12 и тоньше), предшествующая полировке, производится вручную на плоских матовых стеклянных плитах. Для плит может быть использовано обычное толстое (около 10 мм) зеркальное стекло, но лучше воспользоваться специально отливаемым твердым стеклом «пирекс» толщиной 25—30 мм. Стеклянная плита имеет квадратную форму со стороной квадрата 15 см, матовая рабочая сторона ее должна быть строго плоской. Для исправления плоскости плит при их изнашивании, а также во избежание засорения абразивом более грубой фракции необходимо иметь не менее трех плит, каждая из которых предназначена для работы с порошком определенного класса.

Полировка шлифа производится обычно на вращающихся дисках, покрытых каким-либо мягким материалом; в этих же условиях осуществляется

иногда самая тонкая шлифовка. Цель обоих процессов — довести поверхность шлифа до зеркального блеска в течение возможно более короткого промежутка времени, так как при продолжительном трении в полированном шлифе возникает резкий рельеф между мягкими и твердыми минералами.

2. МЕТОДЫ ШЛИФОВКИ И ПОЛИРОВКИ

2.1. Общие приемы изготовления полированных шлифов

При изготовлении полированного шлифа из рудного образца обычно приходится иметь дело с агрегатом нескольких минералов, обладающих различными физическими свойствами. В руде одновременно и в тесном взаимном срастании могут находиться минералы твердые и мягкие, хрупкие и ковкие, обладающие той или иной степенью спайности и т.п. Это наименее благоприятный случай, так как поведение разных минералов в процессе шлифовки и полировки неодинаково. Вместе с тем нет универсальных методов изготовления полированных шлифов. Качеству последних приходится уделять много внимания, так как этим обычно обуславливаются трудоемкость и качество исследования руд.

К полированному шлифу предъявляются следующие основные требования:

- поверхность шлифа должна быть совершенно плоской, без завалов к краям;
- характер полировки одних и тех же минералов должен быть совершенно одинаковым как в центральной части шлифа, так и на краях его;
- пустоты выкрошивания допускаются в малой степени лишь для некоторых особенно твердых и хрупких минералов (например, касситерит, пирит и др.) или для мягких, обладающих совершенной спайностью (например, галенит, барит);
- мягкие и тем более твердые минералы не должны иметь грубых царапин, мешающих наблюдению;

– не должно быть слишком большой разницы в рельефе между мягкими и твердыми минералами.

Размер площади полированного шлифа колеблется обычно в пределах от 2 см² (1х2 см) до 4 см² (2х2 см); толщина шлифа не должна превышать 1-1,5 см. В шлифах большей площади полнее выражен характер строения руды, но полировка их более продолжительна, что вызывает появление чрезмерно резкого рельефа между минералами разной твердости. Мягкие минералы при этом часто выполировываются и сильно загрязняются полировальным материалом.

Обдирка, распиловка. Правильность плоскости шлифа определяется в значительной степени на первом этапе его обработки - при обдирке образца. Поэтому как обдирку, так и дальнейший процесс шлифовки нужно проводить на строго плоских шлифовальных дисках.

Порошки как для этой стадии обработки шлифа, так и для следующих, смешиваются с водой до консистенции жидкой кашицы. Кашица находится в низкой чашке или мисочке и наносится на вращающийся (в направлении, обратном движению часовой стрелки, со скоростью около 400—700 об/мин) шлифовальный диск широкой кистью. При избытке воды абразивные порошки сбрасываются с диска, не производя работы, при недостатке воды - плохо прилипают к диску и также сбрасываются в чашку шлифовального станка. Непроизводительный расход абразива неизбежен, но подбором соответствующей его консистенции можно свести потери до минимума.

Обдирку образца заканчивают, когда с поверхности шлифа будут сняты все углубления, и шлиф приобретет равномерную шероховатость. В случае продолжающегося выкрошивания, а также при изготовлении шлифов из пористых или хрупких руд образцы необходимо цементировать проваркой в смолистом веществе. Обычно проварку ведут в растворе канифоли в ксилоле. Раствор (~3 части канифоли на 1 часть ксилола) загружают в фарфоровые или жестяные чашки и растапливают в вытяжном шкафу на слабом огне при температуре 60—100°, не доводя до кипения. Затем в чашку погружают образец

и выдерживают там в течение некоторого времени пока пустоты и трещинки его не заполнятся канифолью.

Ю. Кэмерон (Cameron, 1961) рекомендует проваривать образцы в вакууме 1-2 часа один раз, непосредственно после распиловки.

Канифоль, заполняющая поры в руде и пустоты выкрошивания, при полировке шлифа приобретает зеркальный блеск и может быть ошибочно принята за жильный минерал. Признаки, по которым канифоль определяется в полированном шлифе, следующие: показатель отражения, как у кварца; очень низкий рельеф; светло-желтые или буроватые внутренние рефлексy заметны в воздухе; от поднесенной горячей спички канифоль сгорает или вспучивается. Однажды определенная в полированном шлифе канифоль в дальнейшем не вводит в заблуждение.

Шлифовка. После распиловки или обдирки образец шлифуют. Для того чтобы подготовить грубо шероховатую плоскость к полировке, шлифовка производится обычно в несколько приемов при последовательно убывающей крупности зерна абразивного материала. При шлифовке используются порошки классов М28, М14, М7, М3. Обработка шлифа порошком М28 ведется на станке, остальными материалами вручную - на стеклянной доводочной доске.

Каждый раз при переходе от одной стадии шлифовки к следующей необходимо не только сошлифовать шероховатость, созданную в предыдущей стадии, но и снять некоторую толщину шлифа, в пределах которой возможны трещинки и отдельные расшатанные зерна минералов. Постепенный переход от более грубых порошков к тонким сопровождается тщательным прополаскиванием шлифа в воде и мытьем или заменой шлифовального диска.

Последний этап тонкой шлифовки (с микропорошками М-7 и М-3), предшествующий полировке, иногда выделяют в самостоятельный этап, называемый доводкой.

Полировка производится на вращающемся диске, обтянутом сукном или другой материей. Материю, предназначенную для полировки, перед натягиванием простирывают, прополаскивают и во влажном состоянии

наклеивают на подогретый металлический диск с помощью черной смолы — вара. Диски тщательно предохраняются от пыли и периодически чистятся жесткой волосяной щеткой.

Полировка рудного образца сложного минерального состава вызывает появление рельефа: зерна твердых минералов выступают над зернами более мягких минералов. Относительный рельеф минералов в полированном шлифе используется как диагностическое свойство для суждения об относительной твердости минералов. Однако слишком грубый — подчеркнутый — рельеф является дефектом шлифа, так как границы срастания минералов разной твердости оказываются затененными и недоступными для наблюдения.

Предварительная полировка может производиться на бильярдном сукне или драпе с помощью хорошо отмученных порошков окиси алюминия, крокуса или окиси хрома. Полировальный материал наносится на диск в большом количестве (диску не дают высыхать в процессе работы). Шлиф легко и равномерно прижимается к полировальнику и поворачивается рукой в разных направлениях. В зависимости от твердости минералов предварительную полировку проводят 3—5 мин., после чего образец тщательно промывают под струей воды.

Окончательная полировка производится также на вращающемся диске, обтянутом бильярдным сукном или покрытым смолой.

В качестве универсального порошка при окончательной полировке можно пользоваться также магнезией. Порошок магнезии наносится на чистое влажное сукно и равномерно растирается на поверхности диска. Для твердых минералов магнезии берут меньше, и скорость вращения диска может быть больше, а для мягких минералов берут много магнезии (до консистенции пасты) и работают на малой скорости вращения диска. Ни в коем случае нельзя допускать чтобы магнезия на диске высыхала, так как образующиеся при этом твердые основные карбонаты и магнезит будут царапать шлиф. Поэтому сразу же по окончании полировки сукно диска тщательно отмывается от магнезии.

Готовый шлиф тщательно промывается в проточной воде,- лучше горячей, и высушивается в струе горячего воздуха или осторожным промакиванием мягкой бумагой (например, бумажной салфеткой).

Вытирание или протирание полированной поверхности под струей воды, даже самое осторожное, может вызвать появление тонких царапин на мягких минералах. При промывке можно осторожно протирать зубной щеткой боковые не полированные поверхности шлифа для удаления остатков абразивного и полировального материала.

Изготовление шлифов из дробленого рудного материала

Для изготовления шлифов из дробленого материала необходимо провести предварительное брикетирование — склеивание в единый препарат (брикет) отдельных минеральных частиц.

Было предложено несколько способов брикетирования порошкообразных материалов. И. С. Волынский рекомендует в качестве склеивающей среды для изготовления брикетов использовать пластмассы: зубопротезный цемент АКР-7, полистирол и стиракрил. Свойства этих пластмасс удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к склеивающим материалам в шлифах: обеспечивают исключительную прочность сцепления частиц брикетируемых минералов; способность смачивать мельчайшие частицы (микронные) и проникать по микротрещинам позволяет брикетировать высокодисперсные материалы; повышенная твердость при одновременной высокой вязкости дает возможность изготавливать высококачественные полированные шлифы с незначительной разницей высоты рельефа минеральных частиц.

2.2. Оборудование шлифовальной мастерской ИГиНГТ (фирма Buehler, Германия – США)



Рис. 2. Камнерезный станок для распила крупных образцов



Рис. 3. Ручной отрезной станок

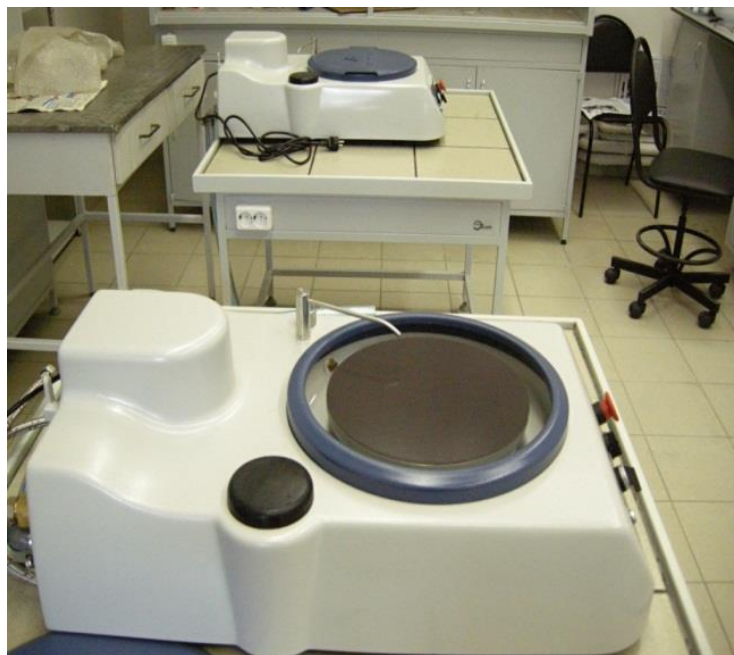


Рис. 4. Ручной шлифовально-полировальный станок



Рис. 5. Автоматический программируемый шлифовально-полировальный станок



Рис. 6. Установка для высокоскоростной прецизионной резки и шлифовки петрографических тонких шлифов



Рис. 7. Система пропитки образцов красящими смолами с вакуумным насосом

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волынский, И.С. Определение рудных минералов под микроскопом. Том 1. / И.С. Волынский // М.: Недра, 1966. – 349 с.
2. Юшко, С.А. Методы лабораторного исследования руд / С.А. Юшко // М.: Недра, 1966. – 320 с.
3. Рамдор, П. Рудные минералы и их сростания / П. Рамдор // М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. – 1132 с.
4. Крейг, Дж. Рудная микроскопия и рудная петрография / Дж. Крейг, Д. Воган // М.: Мир, 1983. – 423 с.
5. Исаенко, М.П. Лабораторные методы исследования руд / М.П. Исаенко, Е.Л. Афанасьева // М.: Недра, 1992. – 254 с.

Учебное издание

Изотов Виктор Геннадьевич

**Методы исследования руд. Часть 1. Полированные шлифы руд. Методы
изготовления и оборудование**

Подписано в печать
Тираж 50 экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии «Татнефтехиминвест-холдинга»